

Разработка органолептической методики контроля степени измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд

О.А. Белавина^{*1}, В.А. Швецов¹, В.В. Пахомова², Д.В. Шунькин¹

¹Камчатский государственный технический университет,
Российская Федерация, 683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35

²ОАО «Камчатгеология»,
Российская Федерация, 683016, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Мишенная, 106

**Адрес для переписки: Белавина Ольга Александровна, E-mail: oni@kamchatgtu.ru*

Поступила в редакцию 21 июля 2016 г., после исправления – 9 ноября 2016 г.

Подготовка проб золотосодержащих руд к анализу является важной составляющей частью химического опробования месторождений. Одной из обязательных операций пробоподготовки является контроль степени измельчения частиц материала пробы. Традиционный ситовой метод определения крупности порошков отличается большой трудоемкостью и низкой экспрессностью. Современное оборудование для анализа гранулометрического состава частиц порошков является достаточно дорогим. В работе предложена простая, дешевая и экспрессная органолептическая методика контроля крупности частиц золотосодержащих руд, применимая в производственных лабораториях. Для этого тонкоизмельченную пробу тщательно перемешивают, распределяют на полимерной пленке слоем толщиной 5-7 мм, а слой делят вручную на приблизительно равные квадраты. Оператор погружает палец в материал пробы в каждом квадрате до контакта с полимерной пленкой и растирает пальцем порошок. Если при этом обнаружится частица пробы, имеющая размер 0.08-0.1 мм, то у оператора формируется устойчивое тактильное ощущение I типа: присутствие «мелкого песка». При наличии в пробе частиц размером более 0.1 мм и менее 0.2 мм у оператора, выполняющего контроль степени измельчения проб, формируется устойчивое тактильное ощущение II типа: присутствие в пробе отдельных крупинок. Эта градация позволяет контролировать качество подготовки проб. Показано, что для органолептической оценки степени измельчения проб золотосодержащих руд в рутинном пробирном анализе достаточно использовать 9 контрольных точек. Разработанный авторами алгоритм проверен на большой группе проб, показано его хорошее совпадение с результатами контроля, полученными с применением классического ситового анализа. При использовании органолептической методики повышается экспрессность и снижается трудоемкость контроля по сравнению с ситовым методом анализа.

Ключевые слова: органолептическая методика, степень измельчения лабораторных проб, контроль крупности порошков, золотосодержащие руды.

For citation: Analitika i kontrol' [Analytics and Control], 2016, vol. 20, no. 4, pp. 337-343

DOI: 10.15826/analitika.2016.20.4.004

Development of an organoleptic method to control the crushing ratio of gold-bearing ores laboratory samples

O.A. Belavina^{*1}, V.A. Shvetsov¹, V.V. Pakhomova², D.V. Shun'kin¹

Kamchatka State Technical University,
ul. Kliuchevskaia, 35, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683003, Russian Federation

JSC «Kamchatgeology»,
ul. Mishennaia, 106, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683016, Russian Federation

**Corresponding author: Olga A. Belavina, E-mail: oni@kamchatgtu.ru*

Submitted 21 July 2016, received in revised form 09 November 2016

The sample preparation of gold-bearing ores for the analysis is an important part of the gold fields' chemical approbation. One of the operations in sample preparation is a control of the size of sample particles.

Traditional sieve method to control the particle size is labor intensive and has low rapidity. In addition, the modern equipment for the particle-size analysis is of high cost. In order to implement a cheap, simple and express method to control the particle size of gold-bearing ores in production laboratories this paper presents an algorithm to control the crushing ratio of laboratory samples of gold-bearing ores. Using this new method, it is first necessary to carefully mix a fine sample and to spread it on a smooth surface of the table to form a layer of 5-7 mm thick, and then divide it into approximately equal squares. After this, an operator rubs the sample material with a finger at the control points, immersing the finger in the material until the contact with the polymeric film is made. If at the same time between the film and the finger there will be a sample particle with the size of 0.08-0.1 mm, the operator will have a steady I type tactile sensation (the sensation of the "fine sand"). If at the same time between the film and the finger there will be a sample particle with the size of more than 0.1 mm and less than 0.2 mm, the operator will feel a steady II type tactile sensation (the sensation of the separate grains). This procedure allows controlling the quality of the sample preparation. To control the crushing ratio of gold-bearing ores used in the routine analysis it is enough to use 9 control points. The developed algorithm of the organoleptic method to control the crushing quality was checked on a large group of samples, and its results agreed nicely with the results received using the classical sieve method. Using the organoleptic method, the quickness of control increases and the labor input of control decreases in comparison to the sieve method.

Key words: organoleptic method, crushing ratio of laboratory samples, control of powder size, gold-bearing ores.

Введение

Подготовка проб золотосодержащих руд к анализу является важной составляющей частью химического опробования золоторудных месторождений [1-3]. Одной из операций пробоподготовки является контроль крупности частиц материала пробы [4]. Рекомендуемый нормативными документами (НД) [4] ситовой контроль гранулометрического состава позволяет определить размер частиц порошка, отделить их друг от друга и вычислить количественное соотношение частиц различной крупности. Основные преимущества ситового контроля: дешевизна оборудования и возможность применения для грубодисперсных частиц. Из всех методов контроля крупности ситовый анализ в наибольшей степени стандартизован, это касается системы сит и способа проведения анализа [4]. Однако данный вид контроля требует значительных временных затрат, так как анализ одной пробы занимает у лаборанта до двух часов.

В НД [4] рекомендуется использовать для ситового анализа золотосодержащих руд не менее 10 % мас. материала пробы. Следует отметить, что при таком применении НД не учитывается зависимость массы представительной навески от содержания в пробе фракции частиц крупностью +0.071-0.2 мм (здесь и далее такая форма записи означает: частицы размером более 0.071 мм и менее 0.2 мм), т.е. «редких частиц», допустимое содержание которых в пробе регламентируется нормативом 0-2 % мас. [2]. По нашему мнению, необходимы расчетная формула или график, позволяющие быстро оценить массовую долю от исходной пробы, требуемую для контроля степени ее измельчения с учетом содержания в ней «редких» частиц. Кроме того, сита следует регулярно проверять на предмет изменения размера ячейки, т.к. из-за их взаимодействия с порошковым материалом они склонны «разнашиваться» [4].

Современное оборудование для гранулометрического анализа порошков (рассев-анализаторы, вибрационные грохоты, просеивающие машины, лазерные счетчики и др.) обладает хорошей

производительностью, широким диапазоном измерения размеров частиц, репрезентативностью анализа, высокой степенью автоматизации, но, к сожалению, очень большой стоимостью [5].

Одним из возможных подходов к простому решению проблемы контроля степени измельчения лабораторных проб минерального сырья в небольших производственных лабораториях является разработка органолептической методики анализа, основанной на использовании тактильных ощущений кожных рецепторов оператора [6]. На возможность реализации такой методики указывал еще в 1932 г. профессор В.Г. Агеенков [7]. Однако эта идея не получила должного развития и не трансформировалась в реальную методику контроля крупности частиц аналитической пробы. Но во многих давно изданных руководствах по аналитической химии указывается, что проверку подходящей степени измельчения проб для анализа можно легко выполнить, растерев порошок между пальцами рук: если при растирании не ощущаются отдельные частицы, то крупность порошка составляет менее 100 мкм.

Цель настоящей работы: разработать органолептическую методику контроля степени измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд, пригодную для производственных целей.

1. Изучение возможности разработки органолептической методики

С помощью стандартного набора сит приготовили модельные пробы золотосодержащих руд, содержащие 98 % мас. материала с крупностью зерна менее 0.071 мм и 2 % мас. частиц с фракционной крупностью +0.071-0.08, +0.08-0.1 и +0.1-0.2 мм. Материал каждой пробы перемешали в барабанном лабораторном смесителе в течение 15 минут и затем распределили на ровной поверхности стола, покрытого гладкой полимерной пленкой, равномерным слоем толщиной примерно 5-7 мм в виде прямоугольника, который разделили вручную на 9 приблизительно равных квадратов. Эти подго-

Таблица 1

Результаты эксперимента по исследованию зависимости количества тактильных ощущений II типа от содержания в лабораторной пробе материала с крупностью частиц +0.071-0.2 мм

Table 1

Experimental results of the dependence of the average number of the II type tactile sensations from the content of the sample particles with the size of +0.071-0.2 mm

Содержание в пробе частиц фракции крупности +0.071-0.2 мм, % мас.	Количество тактильных ощущений II типа, сформированных при исследованиях проб № (количество квадратов, где обнаружены «редкие» частицы)											
	1 серия экспериментов (первый день)				2 серия экспериментов (второй день)				3 серия экспериментов (третий день)			
	№ пробы				№ пробы				№ пробы			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
4.0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
3.0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
2.5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
2.0	9	9	9	9	9	9	8	9	9	9	9	9
1.5	9	8	8	9	7	8	7	8	8	8	7	9
1.0	7	8	8	8	7	5	5	7	7	8	6	7
0.5	6	4	6	4	4	4	2	6	5	5	4	7
0.25	2	3	1	2	1	0	4	3	2	1	1	3
0.1	1	0	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0

товительные операции аналогичны первоначальным действиям аналитика, применяемым при реализации такого известного способа сокращения проб, как квадратование [4].

После этого оценили возможность обнаружения в модельных пробах частиц порошка размером более 0.071 мм с помощью кожных рецепторов оператора. Для этого оператор растирал пальцем материал пробы в контрольных точках, расположенных в каждом квадрате, погружая палец в материал до его контакта с полимерной пленкой. При этом установили, что среди частиц с крупностью зерна менее 0.071 мм:

а – частицы размером +0.071-0.08 мм обнаружить не удастся (никаких тактильных ощущений у оператора не возникает);

б – можно обнаружить частицы размером +0.08-0.1 мм, так как у оператора возникают ощущения присутствия в пробе «мелкого песка» (назовем их тактильными ощущениями I типа);

в – частицы размером +0.1-0.2 мм ощущаются оператором как отдельные крупинки (назовем эти ощущения тактильными ощущениями II типа).

2. Зависимость количества тактильных ощущений II типа от содержания в пробе частиц крупностью +0.071-0.2 мм

В первом эксперименте приготовили партию модельных проб кварцевой золотосодержащей руды массой 500 г с содержанием материала фракции +0.071-0.2 мм от 0.1 до 4.0 % мас. Оператор органолептически, согласно разд. 1, оценил содержание в пробах частиц размером более 0.1 мм. Это позволило рассчитать среднее количество тактильных ощущений II типа. Каждый эксперимент повторили три раза (три серии оценок, проведенные в различные дни). Результаты экспериментов приведены в табл. 1 и на рис. 1. Сравнили дисперсии в точках А и В, С и D (рис. 1). Рассчитали t -критерий и сравнили его с табличным: $t_{A,B} = 1.08 < t(0.05; 6) = 2.45$; $t_{C,D} = 2.36 < t(0.05; 6) = 2.45$. Это свидетельствует о том, что расхождение между средними результа-

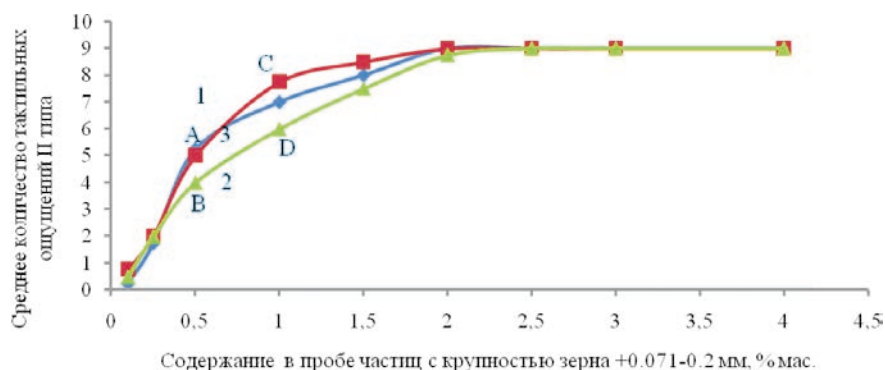


Рис. 1. Зависимость среднего числа тактильных ощущений II типа от содержания в пробе частиц с крупностью зерна +0.071-0.2 мм. Серия экспериментов: 1 – первая, 2 – вторая, 3 – третья

Fig. 1. Dependence of the average number of the II type tactile sensations on the sample particles with the size of +0.071-0.2 mm: 1 – the first series of experiments; 2 – the second series of experiments; 3 – the third series of experiments

Таблица 2

Результаты контроля степени измельчения, выполненного операторами первой и второй групп

Table 2

Results of the crushing ratio control performed by the operators of the 1st and the 2nd groups

Содержание в пробе фракции крупности +0.071-0.2 мм, % мас.	Количество тактильных ощущений II типа у операторов (количество квадратов, где обнаружены «редкие» частицы)					
	1-й группы			2-й группы		
	Среднее значение	Диапазон изменений	Коэффициент вариации, %	Среднее значение	Диапазон изменений	Коэффициент вариации, %
2	9	9	0	6.9	4–9	26
0.5	5	4–6	17	2.6	1–5	52
0.25	2	1–3	42	1.3	0–3	63

тами, полученными в трех сериях экспериментов, незначимо.

Из результатов данного эксперимента следует, что:

а – с помощью 9 контрольных точек можно определить содержание в пробе частиц крупности +0.071-0.2 мм в диапазоне значений от 0.25 до 2 % мас.;

б – при содержании в пробе этих частиц менее 0,1 % мас. необходимо увеличивать количество контрольных точек.

Во втором эксперименте приготовили три модельные пробы золотосодержащих руд, содержащие 0.25, 0.5 и 2 % мас. материала фракции +0.071-0.2 мм. Оценили степень измельчения проб вышеизложенным способом (разд. 1) с участием уже двух групп операторов: первая группа состояла из 15 работников Центральной лаборатории ОАО «Камчатгеология», вторая группа состояла – из 15 работников учебно-вспомогательного персонала КамчатГТУ.

Результаты эксперимента, приведенные в табл.2, позволяют сделать следующие выводы:

а – для обнаружения в пробах минерального сырья материала фракции крупности +0.071-0.2 мм можно использовать тактильные ощущения кожных рецепторов оператора;

б – опытные операторы (работники производственных лабораторий) могут контролировать степень измельчения проб золотосодержащих руд на содержание в них фракции частиц крупностью +0.071-0.2 мм с помощью предлагаемой простой органолептической методики.

3. Оценка представительной массовой доли пробы для контроля степени ее измельчения

Вновь приготовили партию модельных проб кварцевой золотосодержащей руды массой 500 г каждая с содержанием материала фракции +0.071-0.2 мм от 0.05 до 2.5 % мас. С использованием предложенного органолептического способа (разд. 1) установили наличие в них частиц материала фракции крупностью +0.071-0.2 мм. При этом использовали для оценки контрольные точки, расположенные по схеме, приведенной на рис. 2. Для каждой пробы было выполнено по 100 контрольных операций обнаружения «редких» частиц.

Математическая обработка результатов данного эксперимента (табл. 3) показала, что зависимость массовой доли представительной навески Q (% мас.), необходимой для контроля степени измельчения тонкоизмельченной лабораторной пробы кварцевой золотосодержащей руды, от содер-

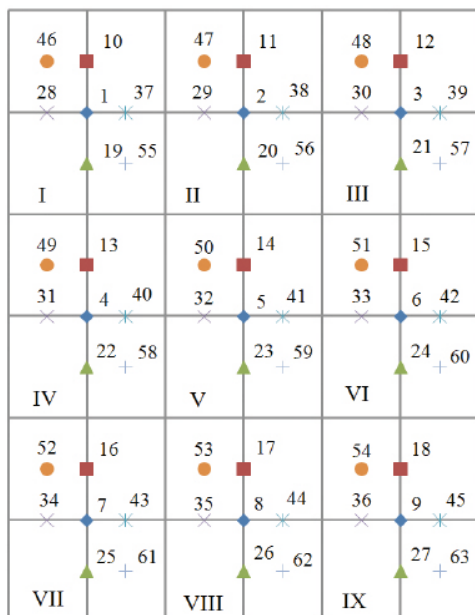


Рис. 2. Схема расположения контрольных точек, выбранных для обнаружения частиц с крупностью зерна +0.071-0.2 мм. Римскими цифрами обозначены номера участков поверхности пробы после ее деления на квадраты, арабскими – очередность контрольных точек, которая соответствует их порядковому номеру. Номер очереди: первая – от 1 до 9, вторая – от 10 до 18, третья – от 19 до 27, четвертая – от 28 до 36, пятая – от 37 до 45, шестая – от 46 до 54 и седьмая – от 55 до 63

Fig. 2. Diagram of control points to detect the sample particles with the size of +0.071-0.2 mm. Roman numerals indicate the number of sample plots surface after its division into squares, Arabic - the sequence of the control points which corresponds to their sequence number: 1–9 the first turn; 10–18 the second turn; 19–27 the third turn; 28–36 the fourth turn; 37–45 the fifth turn; 46–54 the sixth turn; 55–63 the seventh turn

Таблица 3

Результаты экспериментов органолептического контроля степени измельчения пробы, содержащей раз-
личную массовую долю частиц с крупностью зерна +0.071-0.2 мм

Table 3

Experimental results of the organoleptic control of the sample crushing ratio with the particle size of +0.071-0.2 mm

№ экс- пери- мента	Содержание в пробе фракции крупности +0,071-0,2 мм, %	Количество контрольных то- чек, использованных для об- наружения частиц крупности +0,071-0,2 мм	Массовая доля контрольной навески, % от мас- сы пробы	
			теоретическая ($Q = 3/C$)	экспериментальная
1	2.5	1	1.2	1–1.5
2	2.0	2	1.5	2–3
3	1.0	3	3.0	3–4.5
4	0.5	6	6.0	6–9
5	0.25	12	12.0	12–18
6	0.1	30	30.0	30–45
7	0.05	60	60.0	≥60

жания в пробе материала фракции с крупностью частиц +0.071-0.2 мм C (% мас.), можно аппроксимировать (рис. 3) формулой $Q = 3/C$.

4. Алгоритм контроля степени измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд

С целью повышения экспрессности, снижения трудоемкости и энергоемкости контроля степени измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд, а также для улучшения условий труда, авторы предлагают следующий алгоритм контроля степени измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд [8].

1. Тонкоизмельченную лабораторную пробу тща-
тельно перемешивают [4], распределяют на глад-

кой поверхности стола, покрытого гладкой полимерной пленкой (или клеенкой), ровным слоем толщиной 5–7 мм в виде прямоугольника и делят его на 9 примерно равных квадратов.

2. Для обнаружения частиц материала пробы, имеющих размер более 0.071 мм, оператор растирает пальцем материал пробы в контрольных точках, расположенных во всех квадратах, погружая палец в материал до его контакта с полимерной пленкой (или клеенкой).

3. Если при этом между пленкой и кожным покровом пальца обнаружится частица пробы, имеющая размер +0.08-0.1 мм, то у оператора формируется устойчивое тактильное ощущение I типа (ощущение «мелкого песка»); если обнаружится частица пробы, имеющая размер +0.1-0.2 мм, то у операто-

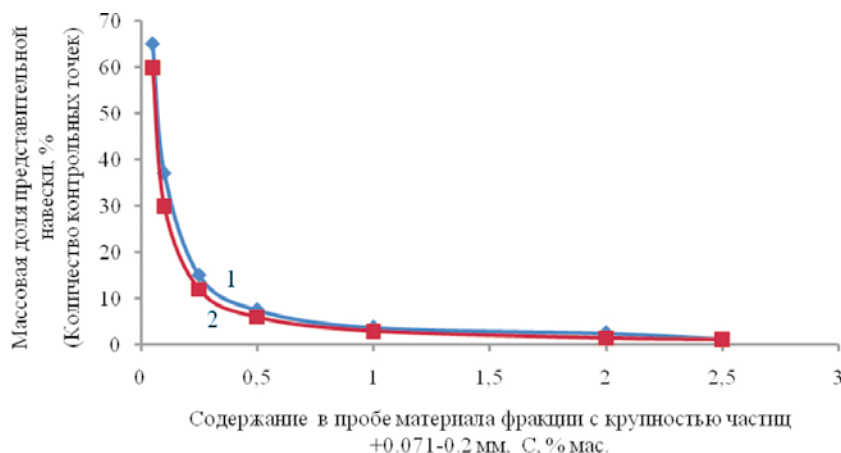


Рис. 3. Графики зависимости массовой доли представительной навески от содержания материала фракции с крупностью частиц +0.071-0.2 мм в пробе: 1 – экспериментальная; 2 – аппроксимация экспериментальных данных формулой $Q = 3/C$. Согласно НД [2] содержание в пробе частиц крупности +0.071–0.2 мм для золотосодержащих руд II и III группы 0–2 % мас.; золотосодержащие руды I группы не должны содержать такие частицы. Для построения экспериментальной зависимости использованы результаты середины диапазона полученных значений

Fig. 3. Diagram of the sampling mass fraction dependence on the material fraction with particle size of +0.071-0.2 mm in the sample: 1 – experimental; 2 – the approximation of experimental data by $Q = 3/C$ formula. According to the State Standards [2] the content of the sample particles with the size of +0.071-0.2 mm for gold-bearing ores of the II and III groups is 0-2% wt.; gold-bearing ores of the I group shouldn't contain such particles. For the construction of the experimental dependence the results obtained on the mid-range values are used

Таблица 4

Результаты определения гранулометрического состава лабораторных проб кварцевых золотосодержащих руд

Table 4

Results of the particle size distribution of quartz gold-bearing ores laboratory samples

№ п/п	№ пробы	Содержание частиц крупности, % мас.				Количество тактильных ощущений I типа
		менее 0.071 мм	+0.071-0.08 мм	+0.08-0.1 мм	+0.071-0.1 мм	
1	586/3	96.96	2.33	0.71	3.04	9
2	586/110	99.53	0.36	0.11	0.47	4
3	629/3	99.22	0.57	0.21	0.78	6
4	629/15	99.67	0.22	0.11	0.33	3
5	586/18	98.20	0.86	0.94	1.80	8
6	586/68	99.80	0.08	0.12	0.20	2
7	586/94	99.46	0.14	0.40	0.54	5
8	629/73	99.79	0.06	0.14	0.21	2
9	629/34	99.27	0.43	0.30	0.73	6
10	586/26	96.41	1.42	2.17	3.59	9
11	586/50	98.86	0.67	0.47	1.14	7
12	586/49	99.47	0.29	0.24	0.53	5
13	586/45	98.41	0.73	0.86	1.59	8
14	629/38	95.60	1.85	2.55	4.40	9
15	629/51	99.08	0.53	0.39	0.92	7
16	629/14	96.52	1.70	1.78	3.48	9
17	629/5	99.21	0.58	0.21	0.79	7
18	629/31	96.94	2.48	0.58	3.06	9
19	586/54	97.99	1.91	0.09	2.01	9
20	586/127	92.72	5.54	1.74	7.28	9
21	629/26	95.31	3.41	1.28	4.69	9
22	629/7	90.60	5.50	3.90	9.40	9
23	629/17	94.33	4.48	1.19	5.67	9
24	629/20	97.42	1.97	0.61	2.58	9
25	586/130	93.71	3.31	2.98	6.29	9
26	629/37	96.52	1.71	1.77	3.48	9
27	629/72	98.26	1.19	0.55	1.74	8
28	629/48	97.246	1.87	0.89	2.76	9
29	629/39	93.40	3.66	2.95	6.60	9
30	586/105	96.21	2.76	1.03	3.79	9
31	586/16	95.36	3.77	0.87	4.64	9
32	586/7	96.32	2.79	0.89	3.68	9
33	586/6	94.88	4.21	0.91	5.12	9
34	586/108	95.06	3.39	1.55	4.94	9
Среднее содержание частиц крупности, % мас.		96.99	1.97	1.04	3.01	7.5
Стандартное отклонение		2.38	1.59	0.95	2.33	2.18
Коэффициент вариации, %		2.4	80.8	91.6	77.4	29.1

ра формируется устойчивое тактильное ощущение II типа (ощущение отдельных крупинки).

4. Количество контрольных точек, используемых для контроля степени измельчения пробы, зависит от массовой доли частиц пробы, имеющих размер +0.071-0.2 мм. Его устанавливают с помощью градуировочного графика или расчетной формулы $Q = 3/C$ (на основании требований НД С должно быть не более 2 % мас.).

5. Для контроля степени измельчения проб золотосодержащих руд используемых в рутинном анализе достаточно использовать 9 контрольных точек.

5. Применение органолептической методики контроля степени измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд в рутинном пробирном анализе

Геологические пробы массой 4–14 кг перед дроблением сушили в электрическом сушильном шкафу собственной конструкции (мощностью 5 кВт), в течение 24 часов, затем измельчали последовательно на щековой дробилке ДГЩ 100х60 и на валковой дробилке ДВ 200х125 до крупности менее 1 мм. Затем эти пробы, перемешанные в течение 15 минут в барабанном смесителе собственной конструкции, сокращали с помощью делителя Джон-

сона до остаточной массы 500-800 г и измельчали в вибрационном измельчителе ИВ-4 в течение 13 минут (максимально допустимое время). Из материала сокращенной и измельченной пробы отбирали, согласно НД [4], навеску массой 50±80 г для ситового контроля степени измельчения. При этом массу материала различных фракций крупности измеряли с помощью лабораторных электронных весов GR-120 (погрешность взвешивания ±0.1 мг). Затем контролировали степень измельчения проб по предложенному алгоритму (разд. 4).

Результаты эксперимента и необходимые статистические расчеты, приведенные в табл. 4, показали, что средний выход материала фракции с крупностью зерна менее 0.071 мм составил 97 % мас., т.е. требования НД [4] не выполняются в полном объеме, поскольку 50 % тонкоизмельченных проб содержат частицы с крупностью зерна +0.071-0.1 мм в количестве более 2 % мас. Это соответствует результатам исследований, приведенным в работе [3]. Пробы с №№ 1, 10, 14, 16, 18, 20, 21-26 и 29-34 необходимо направить на доизмельчение. Результаты контроля степени измельчения ситовым методом и контроля с помощью органолептической методики совпадают.

Выводы

Таким образом, по данным опытной проверки предлагаемая органолептическая методика контроля степени измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд повышает экспрессность и снижает трудоемкость операций по сравнению с ситовым анализом. Для реализации данной методики не используется лабораторное оборудование, не расходуется энергия (электрическая и тепловая), улучшаются условия труда оператора, так как устраняется пылевыведение. Наиболее целесообразно применять предлагаемую органолептическую методику контроля в производственных лабораториях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. 243 с.
2. Швецов В.А. Химическое опробование золоторудных месторождений. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. 220 с.
3. Методические основы исследования химического состава горных пород, руд и минералов: под ред. Г.В. Остроумова. М.: Недра, 1979. 400 с.
4. ОСТ 41-08-249-85 Управление качеством аналитической работы. Подготовка проб и организация выполне-

ния количественного анализа в лабораториях Мингео СССР. М.: ВИМС, 1985. 32 с.

5. Совершенствование контроля степени тонкого измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд первой группы / В.А. Швецов [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2012. Т. 78, № 3. С. 22-24.
6. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. М.: Гос.ком. СССР по стандартам. 1991. 24 с.
7. Агеев В.Г. Методы технического анализа руд. М.-Л.: Цветметиздат, 1932. 135 с.
8. К вопросу о контроле степени тонкого измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд первой группы / В.А. Швецов [и др.] // Вестник Камчатского государственного университета. Петропавловск-Камчатский. 2010. № 14. С. 16-19.

REFERENCES

1. Karpov Yu.A., Savostin A.P. *Metody probootbora i probopodgotovki* [Methods of sampling and sample preparation]. Moscow: Binom. Laboratoriia znaniy, 2003. 243 p. (in Russian).
2. Shvetsov V.A. *Khimicheskoe oprobovanie zolotorudnykh mestorozhdenii*. [Chemical approbation of gold fields]. Petropavlovsk-Kamchatskii: KamchatGTU, 2008. 220 p. (in Russian).
3. *Metodicheskie osnovy issledovaniia khimicheskogo sostava gornykh porod, rud i mineralov*: pod red. G.V. Ostroumova. [Methodical basis of researching a chemical composition of rocks, ores and minerals / under the editorship of G.V. Ostroumov]. Moscow: Nedra, 1979. 400 p. (in Russian).
4. OST 41-08-249-85. *Upravlenie kachestvom analiticheskoi raboty. Podgotovka prob i organizatsiia vypolneniia kolichestvennogo analiza v laboratoriiakh Mingeo SSSR* [State Standard 41-08-249-85. Quality management of analytical work. Preparation of samples and organization of performing the quantitative analysis in Mingeo's laboratories of the USSR]. Moscow: VIMS, 1985. 32 p. (in Russian).
5. Shvetsov V.A., Pakhomova V.V., Belavina O.A., Adel'shina N.V., Shun'kin D.V. [Improving the control of fine crushing ratio of laboratory samples of gold-bearing ores of the first group]. *Zavodskaya laboratoriia. Diagnostika materialov* [Plant Laboratory. Diagnostics of Materials], 2012, vol. 78, no. 3, pp. 22-24 (in Russian).
6. *GOST 16504-81. Ispytaniia i kontrol' kachestva produktsii. Osnovnye terminy i opredeleniia* [State Standard 16504-81. Testing and quality control of products. Main terms and determinations]. Moscow: Gos. kom. SSSR po standartam. 1991. 24 p. (in Russian).
7. Ageenkov V.G. *Metody tekhnicheskogo analiza rud* [Methods of technical analysis of ores]. Moscow: Cvetmetizdat, 1932. 135 p. (in Russian).
8. Shvetsov V.A., Belavina O.A., Adel'shina N.V., Shun'kin D.V., Pakhomova V.V. [About the control of fine crushing ratio of laboratory samples of gold-bearing ores of the first group]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. [Bulletin of Kamchatka State Technical University], 2010, no. 14, pp. 16-19 (in Russian).